الذكاء الاصطناعي لتعزيز كفاءة وموثوقية أنظمة إدارة (BAMS) في المباني الذكية المُستدامة

د. فضيل فاضلي
أستاذ مشارك في العمارة والتصميم العمراني، كلية الهندسة - جامعة قطر

يواجه العالم اليوم تحديًا هائلًا يتمثل في تغيُّر المناخ الذي كان يعرف بـ «الاحتباس الحراري» والذي تحوَّل مؤخرًا إلى مسمى «الغليان العالمي» المثير للقلق. وقد أحدث هذا الكثير من التأثير السلبي على بيئتنا الطبيعية والمبنية. نحن البشر نتسبب في إلحاق أضرار جسيمة لكوكبنا والبيئة التي نعيش فيها بسبب أسلوب حياتنا والاستهلاك المُفرط للطاقة والمياه والموارد الأخرى، وينتج عن استهلاكنا الكبير للطاقة والمياه كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى الإضرار بالبيئة.

على مدار العقود الماضية، شَهِد العالم ارتفاعًا عالميًا كبيرًا في عدد سكان المناطق الحضرية الذين يمثلون ما يقرب من 75% من سكان العالم. وأصبح استهلاك الطاقة في المباني قضية بالغة الأهمية، حيث يُمثل الآن حوالي 35% من إجمالي استخدام الطاقة العالمي.

من أجل التخفيف من تلك الآثار السلبية وتقديم حلول مرنة بتوفير المباني والمدن الذكية المستدامة التي من شأنها أن تعتمد على عمليات وأدوات صديقة للبيئة، تم تطوير المشروع البحثي (SPORTE.3Q) بقيادة الدكتور فضيل فاضلي، وفريقه من جامعة قطر بالتعاون مع فريق جامعة كارديف في المملكة المتحدة. والذي قدَّم العديد من المُخرجات البحثية ذات الصلة والمؤثرة، ومنها الورقة البحثية المنشورة في مجلة علمية مرموقة بعنوان: «تحليل البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي لأنظمة أتمتة وإدارة المباني: استعراض، التحديات الحالية والآفاق المستقبلية» والتي أُستشهد بها على نطاق واسع.

سلَّطت الدراسة الفريدة المذكورة أعلاه الضوء على أهمية تصميم وتطوير وتنفيذ أنظمة إدارة المباني الآلية القوية (المؤتمتة) القائمة على الذكاء الاصطناعي (AI-BAMS). ويُعد تطوير أنظمة (AI-BAMS) أمرا بالغ الأهمية ولكنه أيضا يمثل تحديًا كبيرًا نظرًا للتقلبات المتكررة في الطلب على الطاقة خلال الاستخدام اليومي والأسبوعي والشهري والموسمي/السنوي.

تهدف رقمنة منصَّات وأدوات نمذجة المباني مثل التوائم التوليدية [تركيب الذكاء الاصطناعي التوليدي مع نماذج التوائم الرقمية القوية] إلى تمكين أنظمة إدارة المباني المؤتمتة في الوقت الفعلي، بما في ذلك وحدات إدارة الطاقة (EM2)، وأدوات التنبؤ والتوقع مثل نموذج منصَّة الاستدامة الحضرية الحاسوبية

(SPORTE.3Q Computational Urban Sustainability Platform [CUSP])

كما هو موضح في شكل 1.

د. فضيل فاضلي

تم تطوير النموذج في البداية من قِبل أعضاء الفريق المتعاون في جامعة كارديف، وتم تحسينه وتعديله ليتناسب مع سياق دولة قطر من خلال مشروع (SPORTE.3Q). تطلّب التحديث والتكيُّف استخدام تقنية التوأم الرقمي التوليدي (Generative Digital Twin) جنبا إلى جنب مع أجهزة إنترنت الأشياء والخوارزميات المُتقدمة المستندة إلى البيانات. ويوفر هذا التطوُّر تحسينات كبيرة في أتمتة المباني ونمذجة الطاقة وإدارتها وتحسينها، بالإضافة إلى الصيانة والتصميم الذكي المستدام المُوفِّر للطاقة، إلى جانب تفاعل غير مسبوق في الوقت الفعلي بين المستخدمين والآلات والمباني (شكل 2).

تمتلك أنظمة أتمتة وإدارة المباني (AI-BAMS) القدرة على توفير جميع الأدوات والوظائف اللازمة لتحليل المباني وتشغيلها وإدارتها، سواء كانت هياكل بسيطة أحادية الوظيفة أو مُعقدة متعددة الوظائف. ومع ذلك، من الناحية العملية، تركز هذه الأنظمة في المقام الأول على التحكُّم في أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وإدارتها وتشغيلها. وبناء على ذلك، تظل العديد من المهام الحيوية من مسؤولية المشغِّل، مثل تقييم أداء المبنى، واكتشاف الاستهلاك غير المعتاد للطاقة، وتحديد تحسينات الكفاءة، وضمان أمان المستخدم وخصوصيته. ومن أجل معالجة هذه الفجوات، ظهر التكامل بين الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML) وتحليلات البيانات الضخمة (BDA) كحل واعد. توفِّر هذه التقنيات المتقدمة أساليب مبتكرة مصمّمة خصيصًا ومناسبة تمامًا لأنظمة الإدارة الآلية للمباني الحديثة والمستقبلية. علاوة على ذلك، يمكن للأدوات المدعمة بالذكاء الاصطناعي مساعدة المشغلين في:

1. تحليل مجموعات البيانات الكبيرة التي تم إنشاؤها بواسطة المُعدات والأدوات والمنصَّات المترابطة.
2. اتخاذ قرارات ذكية ومدروسة في الوقت المناسب لتعزيز أداء المبنى.
3. تمكين التفاعل بين المستخدمين والآلات والمباني في الوقت الحقيقي.

يُقدِّم هذا الابتكار الرائد الذي تم تطويره خلال هذه الدراسة، والتي تُعد إرثًا لمشروع SPORTE.3Q، تطويرًا منهجيًا شاملاً لتطبيق الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة في أنظمة إدارة المباني المؤتمتة. تستكشف هذه الدراسة مجموعة متنوعة من المَهام المدفوعة بالذكاء الاصطناعي، بما في ذلك التنبؤ بالأحمال، واحتياجات الطاقة واستهلاكها، وإدارة المياه، ومراقبة جودة البيئة الداخلية، واكتشاف الإشغال.

يوضح الجزء الأول من الدراسة تصنيفًا تفصيليًا لفحص الأُطر والمنصَّات الحالية، حيث تم إجراء تحليل شامل على جوانب مختلفة، مثل عمليات التعلُّم، وبيئات المباني، ومنصَّات الحوسبة، وسيناريوهات التطبيق، وتفاعل المستخدمين مع الآلات والمباني. تَبِع ذلك استكشاف متعمق، يسلِّط الضوء على التحديات الحالية ووجهات النظر المستقبلية في هذا المجال.

تُركز نتائج الدراسة على التطبيقات الواقعية للذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة في أنظمة إدارة المباني المؤتمتة، وقد قدَّمت ثلاثة أنواع من المباني والمرافق كدراسات تجريبية (بما في ذلك مبنى القاعة الرياضية متعددة الأغراض A07 في جامعة قطر)، موضحة فائدتها في:

- الكشف عن استهلاك الطاقة المرتفع في أنواع مختلفة من المباني مثل المباني السكنية والتعليمية والمكاتب.
- تحسين استخدام الطاقة والأداء مع التركيز في المنشآت الرياضية.
- التنبؤ بالطاقة والمياه والعبء العملي والتنبؤ بالمخاطر الصحية المحتملة للمستخدمين.

وأخيرًا، تُحدد هذه الدراسة المبتكرة الاتجاهات المستقبلية وتُقدِّم توصيات قيِّمة لتعزيز كفاءة وموثوقية أنظمة إدارة (BAMS) في المباني الذكية. بشكل عام، يمكن للمرء أن يستنتج أن فريق SPORTE.3Q طوَّر حلا مبتكرا قائما على الذكاء الاصطناعي حقق أهدافه بشكلٍ جيد لتقليل استهلاك الطاقة بحوالي 40% واستخدام المياه بحوالي 20% مع تقليل كبير في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتوفير التكاليف. هذا المشروع البحثي الرائد والدراسات المُشتقة منه مكَّنت من رؤية تدعم وتُشجع إمكانيات الطاقة المتجددة في دولة قطر من خلال زيادة إيراداتها وتقليل اعتمادها تدريجيًا على الموارد الطبيعية التي تصل حاليًا إلى 60% من الدخل الاقتصادي الوطني لدولة قطر. ولا تقتصر القيمة المنتجة على الفوائد الاقتصادية مثل توفير تكاليف الطاقة، بل تترجم إلى مجموعة متنوعة من الفوائد البيئية (انخفاض انبعاثات الغازات الدفيئة)، والاجتماعية (تحسين الصحة، والتواصل المجتمعي) والسياقية (تحسين الراحة). وتتوافق هذه الأهداف والغايات بشكل جيد مع استراتيجية وغايات رؤية قطر الوطنية 2030.

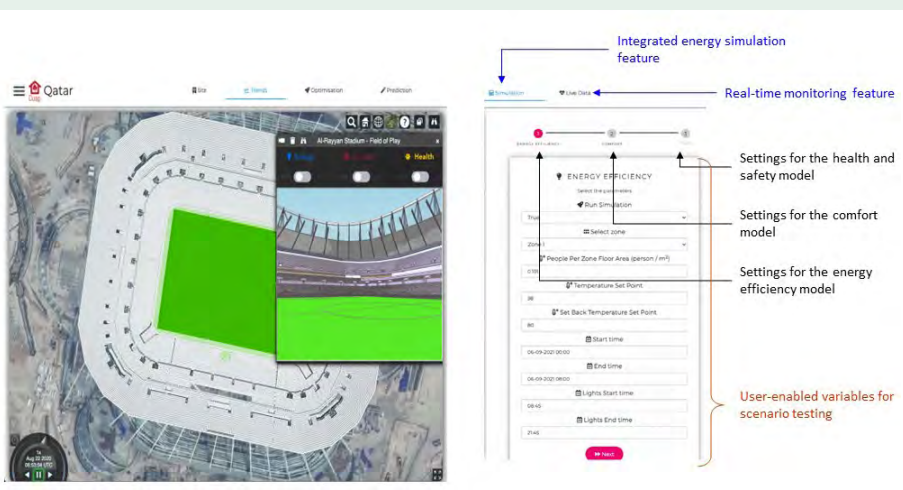
يتكون إطار عمل (AI-BAMS) المدعوم بالذكاء الاصطناعي من مكونات مختلفة للقياس والتحسين والتنبؤ للوقت الفعلي والتي ستوفر حلاً إداريًا شاملاً لإدارة المباني، بدءًا من إنتاج المياه والطاقة وحتى إدارة طلب/استهلاك المُستخدم النهائي

في المنشآت والمرافق الرياضية. ويحتمل أن تكون قابلة للتوسيع إلى أنواع المباني الأخرى والمناطق الحضرية والمدن. تم استخدام أدوات حاسوبية مبتكرة وتقنيات الذكاء الاصطناعي التي تعتمد على المحاكاة، والشبكات العصبية، والخوارزميات الجينية لتحسين سيناريوهات التشغيل كإرث رئيسي لملاعب البطولة والمنشآت والمناطق المحيطة بها. قدَّم مشروع SPORTE.3Q ابتكارًا من خلال تصميم وتطوير وتطبيق منصَّة رائدة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتمكين المباني الذكية والمستدامة في المُستقبَل في المشروع البحثي المقترح التالي SPORTE.4AI.

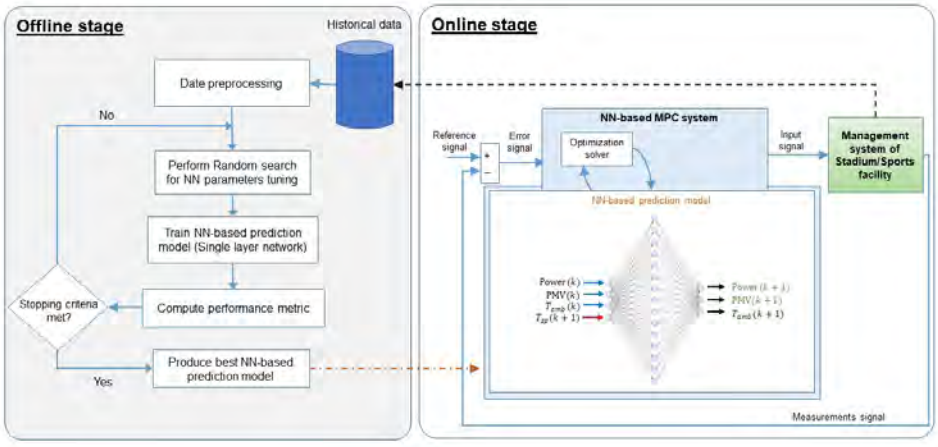
يتكون فريق مشروع SPORTE.3Q من باحثين متعددي التخصُّصات من جامعة قطر وجامعة كارديف في المملكة المتحدة. يشمل فريق جامعة قطر الدكتور فاضل فاضلي (الباحث الرئيس)، أستاذ مشارك في العمارة والتصميم العمراني، والدكتور نادر مسكين، أستاذ في الهندسة الكهربائية، والدكتور أحمد محمد أحمد، أستاذ مساعد في العمارة والتخطيط العمراني، والدكتور ياسين حيمر، باحث مشارك سابق، والمهندسة مريم النور، مساعد باحث، والمعماري حمدي أحمد محمد شريف، مساعد باحث. ويمثل جامعة كارديف الفريق الذي يضم البروفيسور ياسين رزقي (أستاذ)، والدكتور إيوان بتري (أستاذ مشارك)، والمهندس أندري هودوروغ (مساعد باحث)، من كلية الهندسة ومركز الهندسة المستدامة. هذه الشراكة تجمع بين الخبرات في مجالات العمارة والتصميم العمراني المُستدام، والهندسة المستدامة، والهندسة الكهربائية، وعلوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي لدفع أهداف المشروع قُدمًا.

إقرار: تم تمويل هذا المشروع من خلال مِنحة NPRP رقم NPRP12S-0222-190128 من صندوق قطر الوطني للبحوث (عضو في مؤسسة قطر).

للمزيد عن المشروع:



الشكل (1): نموذج CUSP على خادم الويب (المصدر: موقع مشروع SPORTE.3Q).



الشكل (2): الحل المقترح القائم على الذكاء الاصطناعي لتحسين إدارة المرافق الرياضية.